

A construção de avaliações escritas em unidades de ensino potencialmente significativas

The construction of written assessments in potentially meaningful teaching units

Ronivan Sousa da Silva Suttini¹, Nádia Cristina Guimarães Errobidart^{1,2}, João José Caluzi^{1,3}

¹Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS), Rua Ângelo Melão, 790 – CEP 79641-162 - Três Lagoas, MS, Brasil.

²Instituto de Física (INFI), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Bloco V - R. UFMS - Vila Olinda, CEP 79070-900, Campo Grande, MS, Brasil.

³Faculdade de Ciências (FC), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Av. Eng. Luís Edmundo Carrijo Coube, 2085 - CEP 17033-360 - Bauru, SP, Brasil.

*E-mail: ronivan.silva@ifms.edu.br

Resumo

Analisamos as possibilidades de convergência entre a Taxonomia de Bloom Revisada (TBR) e a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) como referenciais norteadores das avaliações escritas como instrumento de coleta de dados para identificar indícios de aprendizagem significativa. A proposta foi implementada em uma turma do 3º Ano do Curso Técnico de Nível Médio Integrados em Informática utilizando um tópico de Física Moderna e Contemporânea - o efeito fotoelétrico – durante o 2º semestre do ano de 2020. Foram exploradas as questões propostas para o conceito de função trabalho e discutimos, como exemplos, as respostas de três estudantes. Os dados coletados permitiram aos pesquisadores identificar “fortes” indícios de aprendizagem significativa para dois estudantes, enquanto que para o terceiro não foi possível apresentar resultados totalmente conclusivos.

Palavras-Chave: Aprendizagem Significativa; Taxonomia de Bloom Revisada; Avaliação de Aprendizagem.

Abstract

We analyze the possibilities of convergence between Bloom's Taxonomy Revised (TBR) and the Theory of Meaningful Learning (TML) as references to guide written assessments as a data collection tool to identify signs of significant learning. The proposal was implemented in a 3rd Year class of integrated mid-level technical courses in informatics using a Modern and Contemporary Physics topic - the photoelectric effect - during the 2nd semester of the year 2020. We explored the proposed questions for the concept of work function and discussed, as examples, the responses of three students. The data collected allowed the researchers to identify "strong" indications of significant learning for two students, while for the third it was not possible to present fully conclusive results.

Keywords: Meaningful Learning; Bloom's Taxonomy Revised; Learning Assessment.

I. INTRODUÇÃO

Observou-se na última década um número crescente de pesquisas científicas com interesse em analisar as contribuições de unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS) na literatura em Ensino de Ciências (Silva e Errobidart, 2015a, 2015b; Marques *et al.*, 2019). Elas partem de uma percepção, quase consensual, de que as metodologias tradicionais de ensino, por privilegiar unicamente a transmissão e a memorização de conceitos, não favorecem a aquisição, retenção e aplicação dos conhecimentos científicos, em uma perspectiva cognitivista e construtivista.

No entanto, a verificação da ocorrência da aprendizagem significativa de novos conceitos não constitui uma tarefa simples e trivial para maioria dos pesquisadores (Moreira, 2006). Com efeito, Ausubel (2003) propõe que os novos conhecimentos devam ser apresentados como uma situação-problema nunca vivenciada, num contexto diferente do apresentado na UEPS, exigindo máxima mobilização, transformação e aplicação dos conhecimentos adquiridos. O autor ainda enfatiza que a solicitação de respostas memorizadas e literais não é suficiente e adequada para investigar se um determinado conhecimento foi assimilado. Ainda nessa perspectiva, Moreira (2006) aponta outro obstáculo: a diferenciação entre uma situação-problema e um simples exercício de aplicação pode ser bastante complexa, pois é preciso considerar a estrutura cognitiva de cada indivíduo, isto é, para um grupo de estudantes determinada atividade pode ser apenas um simples exercício, enquanto para outros pode ser uma verdadeira situação-problema.

Diante dessa problemática, como pesquisadores poderiam identificar indícios de aprendizagem significativa? Em geral, as investigações científicas têm apresentado as novas situações-problemas por meio de diferentes instrumentos de coleta de dados, entre os mais comuns estão: mapas conceituais, entrevistas, avaliações escritas, júri simulado, seminários e produção de textos dissertativos. Dentre esses, não é raro encontrar posicionamentos críticos quanto à atribuição do status de situação-problema não-familiar às avaliações escritas, uma vez que essas seriam bastante recorrentes em abordagens tradicionais de ensino e, quase sempre, compostas por questões que exigem muito mais memorização do que outros processos cognitivos (Moreira, 2006; Soares e Pinto, 2013; Nascimento *et al.*, 2017).

Pensando de outro modo, este trabalho tem o propósito de reforçar a importância das avaliações escritas como instrumento de coleta de dados para identificar indícios de aprendizagem significativa em UEPS. Para isso, buscamos analisar as possibilidades de convergência entre a Taxonomia de Bloom Revisada (TBR) e a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) como referenciais norteadores do formato das avaliações, incentivando um diálogo no meio acadêmico sobre como e o que os pesquisadores podem buscar quando utilizam este instrumento em uma pesquisa científica acerca das contribuições de UEPS.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A. Teoria da Aprendizagem Significativa - TAS

Quando novos conceitos são apresentados simbolicamente, a aprendizagem significativa se concretiza por meio da interação não-litera e não-arbitrária com os conhecimentos que o aprendiz possui em sua estrutura cognitiva. Em resumo, Ausubel (2003) afirma que são essenciais duas condições para a ocorrência da aprendizagem significativa: 1) disposição do aprendiz em apreender significativamente; e 2) material potencialmente significativo. Entretanto, esta última condição desdobra-se em outras duas: i) significado lógico; e ii) disponibilidade de ideias específicas e relevantes, de forma clara e bem definida, na estrutura cognitiva do aprendiz.

De imediato, ele argumenta sobre a fundamental e necessária pré-disposição do estudante para apreender significativamente. Logo, independentemente dos potenciais significados que possam ser inerentes a uma abordagem de ensino, se a intenção do estudante for memorizar os conteúdos de forma aleatória (arbitrária) e ao pé da letra (litera), o resultado da aprendizagem será, muito provavelmente, uma reprodução exata das novas informações, não resultando na aquisição de novos significados – tal processo é denominado por Ausubel (2003) como uma aprendizagem mecânica.

Em segundo lugar, ele descreve que um material pedagógico (aqui também denominado de UEPS) utilizado deve possuir coerência do ponto de vista lógico e conceitual para ser caracterizado como potencialmente significativo. Isto significa que o material deve possuir uma estrutura pré-definida e não apenas um arranjo aleatório de conteúdo. Entretanto, Ausubel (2003), faz o alerta de que o material de aprendizagem apenas é potencialmente significativo, pois “[...] até mesmo o material logicamente significativo pode ser apreendido por memorização, caso o mecanismo de aprendizagem do aprendiz não seja significativo”. Nessa mesma linha de raciocínio, Moreira (2006) ressalta que tais aspectos lógicos não podem conferir ao material o status de ser verdadeiramente significativo, pois o significado está nas pessoas e não unicamente nos materiais pedagógicos.

Em terceiro lugar, ele enfatiza o papel desempenhado pelos conhecimentos anteriores na aprendizagem significativa. Para ele, a estrutura cognitiva particular do aprendiz deve obrigatoriamente conter ideias ancoradoras relevantes (subsunoeres), com as quais se possam relacionar os novos conceitos. Somente com a interação não-arbitrária e não-litera entre novos conceitos e os subsunoeres é que o aprendiz poderá construir significados sobre aquilo que está aprendendo. É importante ressaltar que para Ausubel (2003), a expressão “conhecimento prévio” tem o significado de “subsunoeres”, e não deve ser confundido com um “conhecimento de senso comum”.

Por fim, a organização sequencial da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa foi baseada nos princípios da TAS. Na figura 1, apresenta-se, de forma resumida, o esquema passo-a-passo.

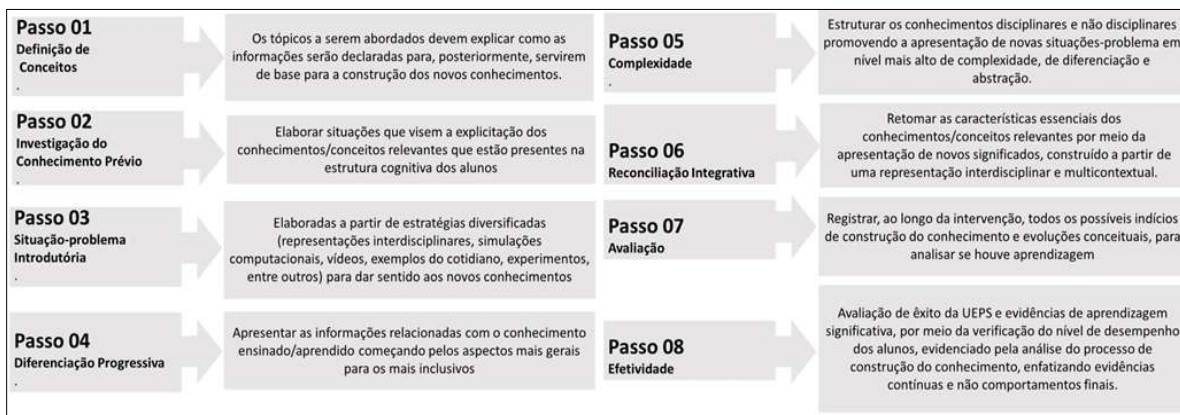


FIGURA 1. Organização Sequencial da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. Fonte: Autores.

B. Taxonomia de Bloom Revisada - TBR

A Taxonomia de Objetivos Educacionais de Bloom é uma estrutura para classificar o que os professores querem/pre-tendem que os estudantes aprendam, por meio de seus planos de ensino, após certo intervalo de tempo (Ferraz e Belhot, 2010; Silva e Errobidart, 2015). Ela foi elaborada, em 1948, a pedido da *American Psychological Association*, visando idealizar uma ferramenta pedagógica para facilitar o compartilhamento de avaliações (testes) entre diferentes faculdades, resultando, assim, em um banco de questões que verificassem objetivos educacionais idênticos, porém, de formas distintas (Krathwohl, 2002). No entanto, a partir 1995, especialistas na área educacional iniciaram um debate sobre a necessidade de reexaminar os pressupostos teóricos em virtude de novos avanços psicopedagógicos. Desde então, a estrutura anterior foi dividida em duas novas dimensões: Processo Cognitivos e Conhecimento, denominando-se, assim, a nova ferramenta como Taxonomia de Bloom Revisada (TBR). O Quadro I mostra a explicitação hierárquica da nova categorização e as respectivas subcategorias na Dimensão Processos Cognitivos.

Dimensão Processos Cognitivos	Lembrar	Refere-se à retenção ou memorização de informações relevantes	Subcategorias	Reconhecendo (identificando) Recordando (recuperando)
	Entender	Refere-se à atribuição de significado aos novos conteúdos, construindo conexões entre o novo conhecimento adquirido com aqueles previamente existentes na estrutura cognitiva.		Interpretando (clarificando, parafraseando, representando) Exemplificando (ilustrando, esclarecendo) Classificando (categorizando, subsumindo) Sumarizando (abstraindo, generalizando) Inferindo (concluindo, extrapolando, interpolando, prevendo) Comparando (contrastando, mapeando) Explicando (construindo modelos)
	Aplicar	Refere-se à execução de um procedimento numa situação específica.		Executando (realizando) Implementando (utilizando)
	Analisar	Refere-se à divisão do material em suas partes constituintes, bem como determinar as inter-relações entre ideias.		Diferenciando (discriminando, selecionando, distinguindo) Organizando (encontrando coerência, integrando, analisando) Atribuindo (desconstruindo)
	Avaliar	Refere-se à realização de julgamentos baseados em critérios e padrões.		Checando (coordenando, detectando, monitorando, testando) Criticando (julgando)
	Criar	Refere-se à combinação elementos buscando formar um novo conhecimento.		Generalizando (hipotetizando) Planejando (desenvolvendo) Produzindo (construindo)

Quadro I. Taxonomia de Bloom Revisada: Categorias e Subcategorias na Dimensão Processos Cognitivos. Fonte: Autores

Com relação à Dimensão Conhecimento da TBR foi dividida em quatro subcategorias: (a) Conhecimento Efetivos/Factuais; (b) Conhecimentos Conceituais/Princípios; (c) Procedimentais ou Procedural e (d) Conhecimentos Metacognitivos. A descrição de cada categoria e as subcategorias estão indicadas no Quadro II.

Taxonomia de Bloom Revisada – Dimensão Conhecimento	Efetivos/ Factuais	Refere-se ao conteúdo básico que os estudantes devem dominar, para que consigam realizar e resolver exercícios ou problemas apoiados nesse conhecimento	Subcategorias	Conhecimentos de terminologia Conhecimentos de detalhes e elementos específicos
	Conceituais/ Princípios	Refere-se ao conjunto de ideias, inter-relacionada, que têm características comuns.		Conhecimentos de classificação e categorização Conhecimentos de princípios e generalizações Conhecimentos de teorias, modelos e estruturas
	Procedimentais	Refere-se aos conhecimentos de “como fazer alguma coisa”, utilizando habilidades, critério, algoritmos, técnicas e método.		Conhecimentos de habilidades específicas Conhecimentos de algoritmos Conhecimentos de técnicas específicas e métodos Conhecimentos de critérios procedimentais
	Metacognitivos	Refere-se à conscientização do aprendiz sobre seu próprio conhecimento.		Conhecimentos de estratégias Conhecimentos sobre tarefas cognitivas, incluindo conhecimentos contextuais e condicionais Autoconhecimento

Quadro II. Taxonomia de Bloom Revisada: Categorias e Subcategorias na Dimensão Conhecimento. Fonte: Autores

Finalmente, vale destacar que os pesquisadores, frequentemente, utilizam como ferramenta de análise a Tabela Bidimensional da Taxonomia de Bloom para analisar as questões propostas nas avaliações escritas (Costa e Martins, 2017). Nela, a coluna vertical apresenta a dimensão Conhecimento enquanto que, na coluna horizontal, a dimensão Processos Cognitivos (ver figura 2 na página 6). É importante informar que um mesmo objetivo educacional (questão) poderá ser inserido em mais de uma célula, ou seja, uma questão poderá receber mais de uma classificação dependendo da abrangência da tarefa solicitada.

Na seção seguinte, detalhamos os possíveis pontos de convergência entre a Taxonomia de Bloom Revisada (TBR) com a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) buscando construir um referencial norteador para elaboração de avaliações escritas para identificar indícios de aprendizagem significativa.

C. Buscando Pontos de Convergências entre a TBR e TAS

A partir da leitura da descrição das categorias e subcategorias, mostradas no Quadro I, pode-se inferir que uma avaliação escrita elaborada somente com questões que solicitam respostas e/ou explicações memorizadas e literais, não exigindo a explicitação ou aplicação das relações entre ideias, conceitos e abstrações, atende somente aos requisitos listados na categoria LEMBRAR. No entanto, corroborando os apontamentos de Moreira (2006), uma avaliação composta por tais questões, apesar da sua importância em uma pesquisa científica, não devem ser interpretada como ideal, adequada e suficiente para identificação de indícios de aprendizagem significativa dos novos conceitos, uma vez que, assim, elas aparentemente se aproximariam daquilo que foi caracterizado por Ausubel (2003) como situações que poderiam explicitar os limites da aprendizagem mecânica.

Seguindo por essa linha de raciocínio, a ideia defendida neste trabalho é que o formato das avaliações escritas, objetivando a identificação de indícios de aprendizagem significativa, deve privilegiar os objetivos da categoria ENTENDER, progredindo gradualmente para as categorias APLICAR e ANALISAR. Primeiramente, devemos observar como a descrição da categoria ENTENDER, no Quadro 1, parafraseia a definição de aprendizagem significativa quando Ausubel (2003) afirma: “é necessário que a estrutura cognitiva particular do aprendiz contenha ideias ancoradas relevantes, com as quais se possa relacionar o novo material. A interação entre novos significados potenciais e ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz dá origem a significados verdadeiros”. Dessa forma, reforçando nosso ponto de vista, entendemos que em uma avaliação escrita, o professor deve principalmente propor questões que requerem dos estudantes uma mobilização dos novos conhecimentos adquiridos na UEPS. Em outras palavras, os estudantes deverão realizar atividades que exigem: interpretação; exemplificação; categorização; generalização; inferência ou previsão; comparação ou construção de modelos explicativos.

É importante ressaltar que, de forma alguma, essa preocupação deva ocorrer apenas no momento da avaliação (coleta de dados), mas também deve estar presente em todo o decorrer do processo de instrução. Ausubel (2003) frisa a importância do papel da mediação e efeitos da prática (frequência) como condição necessária ou essencial da maioria da aprendizagem, sendo a frequência uma variável que influencia o resultado da instrução. Desse modo, concordamos com a afirmativa de que a exposição frequente a questões que solicitem o entendimento de determinado conteúdo, mediante atividades de *“continuidade, reforço, redução de impulso e confirmação cognitiva influenciam no processo e o resultado da aprendizagem e da retenção significativa”* (Ausubel, 2003).

Além de questões que exigem o entendimento do estudante sobre os conceitos apresentados na UEPS, o professor também deve propor perguntas relacionadas aos objetivos expressos na categoria APLICAR. Nela os estudantes podem executar um procedimento numa situação específica ou a aplicar o conhecimento numa situação nova. A ação expressa na subcategoria “Executando” ocorre quando a tarefa solicitada é algo familiar aos estudantes, por exemplo, a aplicação de equações em exercícios algébricos de Física pode ser classificada nesta subcategoria, até mesmo quando envolvem nova interpretação de informações, pois eles ainda estarão somente executando um algoritmo de resolução de problemas. Dessa maneira, é razoável considerar esse tipo de ação como familiar a ele, uma vez que, nas aulas de Matemática e de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, é bastante comum os materiais didáticos exigirem este tipo de tarefa. Quanto à subcategoria “Implementando”, podemos pensar em questões nas quais a tarefa se aproxima bastante de uma situação-problema não-familiar para os estudantes. Em geral, ocorre quando ele necessita aplicar um ou mais procedimentos para executá-la. Neste caso, diferentemente da subcategoria “Executando”, o procedimento requer um entendimento conceitual prévio do problema.

Portanto, de acordo com nossa análise, considerando as possibilidades de pontos de convergência entre TBR e TAS, as respostas dos estudantes nas questões categorizadas abaixo, ou acima, da categoria APLICAR / Implementando, podem fornecer informações razoavelmente precisas e confiáveis ao professor sobre a estrutura cognitiva dos estudantes e sobre as reais contribuições da UEPS. Podemos observar que a descrição na categoria EFETIVO/FACTUAL (ver Quadro II), nos remete aos conhecimentos relevantes que servem de alicerce para novos conhecimentos, num nível mais básico, enquanto que a categoria CONCEITUAL/PRINCÍPIOS visa explicitar as relações entre diferentes conceitos. Nessa perspectiva, tais categorias podem ser amplamente privilegiadas em uma possível avaliação escrita que busca, por exemplo, um levantamento dos subsunçores necessários para a abordagem posterior de um novo conteúdo. Entretanto, em uma avaliação escrita final de conhecimento, objetivando a análise de indícios de aprendizagem significativa de novos conceitos, entendemos que o mais adequado seria privilegiar a elaboração de questões envolvendo as categorias CONCEITUAL/PRINCÍPIOS e PROCEDIMENTAL, uma vez que estas sugerem estar associadas a inter-relação e aplicação dos conceitos mais gerais e inclusivos.

III. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Essa pesquisa, caracterizada como empírica, cuja análise dos dados foi feita de forma qualitativa, realizada no 2º semestre de 2020, contou com a participação voluntária de 21 estudantes do 3º Ano do Curso Técnico de Nível Médio Integrados em Informática (último período do curso) de um Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do estado de Mato Grosso do Sul (IFMS).

A proposta de avaliação foi implementada no final abordagem regular de um tópico de Física Moderna e Contemporânea (FMC): o efeito fotoelétrico. O estudo de tópicos FMC está inserido na matriz curricular do curso no eixo Ciências da Natureza Matemática e suas Tecnologias, na disciplina de Física 6. A carga horária total da disciplina é distribuída em três aulas semanais, de 45 minutos cada. Para a abordagem do conteúdo (efeito fotoelétrico) foram utilizadas 09 (nove) aulas, totalizando três semanas de aula.

As questões de pesquisa neste estudo foram:

- Em que medida o uso da Taxonomia de Bloom Revisada na elaboração de avaliações escritas, possibilita ao professor identificar indícios de aprendizagem significativa?
- Quais são os princípios norteadores para a elaboração de avaliações escritas que potencialmente facilitam a identificação de indícios de aprendizagem significativa?
- Quais limitações ainda podem persistir, mesmo após a utilização da Taxonomia de Bloom Revisada?

Durante a UEPS foi abordada e verificada a ocorrência de aprendizagem significativa dos seguintes conceitos físicos novos: fóton; função trabalho; potencial de corte; frequência de corte; intensidade luz; e dualidade onda-partícula. Em virtude das limitações de espaço aqui exigidas, na próxima seção, será apresentada somente a análise para o conceito de “função trabalho”. Além disso, pelo mesmo motivo de espaço, discutiremos, como exemplos, somente as respostas de três estudantes, aqui denominados por A1, A2 e A3.

III. ANÁLISE E DISCUSSÃO

Para estruturar a avaliação escrita, a primeira preocupação foi formular e organizar as questões, de tal forma que fossem atendidos, primeiramente, os objetivos das categorias inferiores de Processo Cognitivos. Logo, as primeiras questões são consideradas menos complexas e menos abstratas do que as últimas. A figura 2 sintetiza a classificação das questões de acordo com as categorias das dimensões do Conhecimento e dos Processos Cognitivos requeridos para sua resolução. Nela podemos observar que a estruturação da avaliação exige, gradualmente, dos estudantes a utilização dos processos cognitivos LEMBRAR, ENTENDER, APLICAR e ANALISAR, porém, com maior frequência para ENTENDER e APLICAR. Também é possível evidenciar uma ampla preferência por questões referente as categorias de conhecimento CONCEITUAL e PROCEDIMENTAL. Realçamos em negrito a numeração das Questões 02, 05, 06 e 10, pois nessas questões, especificamente, foram investigadas a aprendizagem significativa do conceito de “função trabalho”. Logo, a análise de dados se concentrou nas respostas dos estudantes a essas quatro questões.

Dimensão Processo Cognitivo	Dimensão Conhecimento			
	Efetivo/Factual	Conceitual	Procedimental	Metacognitivo
Lembrar	01	02, 03		
Entender		03, 04, 05, 06 e 10	07, 08 e 10	
Aplicar		04, 05, 06 e 10	07, 08, 09 e 10	
Analisar			08, 09 e 10	
Avaliar				
Criar				

FIGURA 2. Tabela Bidimensional de Bloom preenchida com a categorização das questões na avaliação escrita. Fonte: Autores.

A questão 02 foi categorizada na dimensão conhecimento CONCEITUAL/PRINCÍPIOS. Nela, os estudantes puderam utilizar apenas o processo cognitivo LEMBRAR e reproduzir a definição de função trabalho apresentado durante a UEPS. Naquele momento, os estudantes ainda podiam apresentar a resposta correta sem, necessariamente, ter apreendido significativamente o novo conceito. No entanto, este tipo de questão é importante, porque intencionamos organizar a avaliação em níveis hierárquicos de complexidade e abstração, para poder inferir até que o ponto os estudantes foram capazes de progredir. O Quadro III mostra a questão 02 e as respectivas respostas dos estudantes A1, A2 e A3.

02. [Lembrar / Conceitual] Qual a definição de “função trabalho” de uma superfície metálica?

Respostas:

(A1) A função trabalho pode ser compreendido como um valor característico de cada material para realizar a movimentação de elétrons, produzindo uma corrente elétrica.

(A2) A função trabalho é uma espécie de energia potencial que “prende” os elétrons à superfície da placa metálica onde é incidida luz.

(A3) A função trabalho é a energia mínima necessária para extrair um elétron localizado na superfície do metal, esse valor é característico de cada material.

Quadro III. Questão 02 e as respectivas respostas dos estudantes A1, A2 e A3. Fonte: Autores.

Podemos observar que os estudantes A2 e A3 apresentaram respostas que podem ser consideradas cientificamente corretas, enquanto A1 apresentou uma resposta parcialmente correta, uma vez que, em sua resposta, não está totalmente explícita a definição de função trabalho como uma quantidade de energia. Em outras palavras: a utilização da expressão “valor característico de cada material” não permite afirmar objetivamente se A1 está se referindo ao conceito de energia ou ao conceito de frequência de corte.

Nas questões de 05 e 06 foi salientada a categoria conhecimento CONCEITUAL/PRINCÍPIOS envolvendo os processos cognitivos ENTENDER e APLICAR. Nessas questões investigamos se os estudantes apresentavam indícios quanto à construção de inter-relações entre conhecimentos adquiridos, bem como indícios de aplicação em um contexto mais apurado. Na Questão 05 foi solicitada a interpretação de dois resultados experimentais diferentes para o efeito fotoelétrico, enquanto na Questão 06 solicitava a construção de uma analogia para o conceito da função trabalho. Os Quadros IV e V mostram respostas dos estudantes A1, A2 e A3 para as questões 05 e 06, respectivamente.

05. [Entender + Aplicar / Conceitual] Após a incidência de uma radiação eletromagnética, cujo comprimento de onda é igual a 400 nm sobre uma placa metálica de sódio, observou-se, imediatamente, o surgimento de uma corrente elétrica (emissão de fotoelétrons). No entanto, ao substituir a placa metálica anterior por uma de platina (Pt), observou-se que o efeito já não ocorria. Explique a diferença entre essas evidências experimentais, de acordo com o modelo quântico de Einstein para a luz.

Respostas:

(A1) *Explicaria pela função trabalho sobre a placa de platina (Pt). Os fótons presentes na luz vão absorver os elétrons, provocando efeitos sobre a energia cinética para não ocorrer o efeito fotoelétrico. Nesse sentido, a função trabalho da platina é maior logo necessita de mais energia.*

(A2) *Seria que a função trabalho da placa de platina é mais alta do que a placa de sódio, para ocorrer o efeito fotoelétrico a frequência deveria ser mais alta.*

(A3) *A função trabalho da platina é maior que a função trabalho do sódio, sendo assim, é necessário fótons mais energéticos para ocorrer o efeito fotoelétrico na platina, ou seja, requer um comprimento de onda menor.*

Quadro IV. Questão 05 e as respectivas respostas dos estudantes A1, A2 e A3. Fonte: Autores.

Novamente, podemos observar que os estudantes A2 e A3 apresentaram respostas cientificamente corretas, enquanto A1 apresentou uma resposta parcialmente correta. Enquanto A2 e A3 interpretam os resultados experimentais fazendo inter-relações dos conceitos de função trabalho com frequência de luz (A2) ou com comprimento de onda (A3), o estudante A1 conclui corretamente que a diferença entre os valores de função trabalho da platina e do sódio é a variável que interfere no resultado experimental, entretanto, no início de sua resposta evidenciam-se que as inter-relações entre conceitos ainda não são feitas de forma clara e bem definida.

06. [Entender + Aplicar / Conceitual] Supondo que você esteja ajudando uma colega a estudar para a prova, elabore uma analogia (inédita) para explicar o conceito de “função trabalho” de uma superfície metálica.

Respostas:

(A1) *A função trabalho pode ser compreendida da mesma forma que entendemos o atrito estático e dinâmico na mecânica; um corpo parado em repouso possui coeficiente de atrito estático com valor de 5 N, logo ao aplicar uma força de 5 N, percebemos que o objeto continua em repouso, mas ao elevarmos a intensidade dessa força para 7 Newtons, o objeto começa a se mover e a sua força resultante será de 2 Newtons, e logo o seu coeficiente torna-se o atrito dinâmico. Nesse sentido, percebermos o coeficiente como algo depende do material e não dá força aplicada ao objeto, ou seja, ele admite um valor constante. Para a função trabalho considere que ela admite 5J, e um fóton 7J, concluímos que a energia do elétron será de 2J, ou seja, para o efeito fotoelétrico ocorrer a energia do fóton para o elétron absorver terá que ser superior a constante da função trabalho.*

(A2) *Seria como se fosse uma catraca por força, se você não fizer uma determinada força para passar ela não roda, a mesma coisa acontece com os elétrons, se você não emitir um fóton de frequência com uma frequência mínima para romper a função trabalho não haverá efeito fotoelétrico.*

(A3) *Imagine que a função trabalho é um vendedor que não aceita “pechincha” e tenha um valor fixo para cada produto que ele vende, ele só vai te vender o produto se você pagar uma quantidade mínima.*

Quadro V. Questão 06 e as respectivas respostas dos estudantes A1, A2 e A3. Fonte: Autores.

Analisando as respostas mostradas no Quadro V, inferimos que, aparentemente, todos os estudantes construíram analogias que representam, de forma satisfatória, o conceito de função trabalho. Isto é, percebe-se que os estudantes atribuíram significado ao novo conceito, construindo conexões de forma não-litera e não-arbitrária entre o novo conhecimento adquirido com seus conhecimentos prévios. Vale ainda destacar que os estudantes A1 e A2 fizeram “analogias” utilizando outros conceitos físicos – força de atrito (A1) e força aplicada (A2), enquanto A3 optou por construir uma analogia com uma situação do cotidiano. Desse modo, percebe-se que os dados apontam cada vez mais para indícios de aprendizagem significativa do conceito função trabalho para os estudantes A1, A2 e A3.

Por fim, a questão 10 envolveu novamente a dimensão Conhecimento CONCEITUAL/PRINCÍPIOS, porém utilizando os Processos Cognitivos ENTENDER, APLICAR e ANALISAR. Nessa questão, os estudantes deveriam analisar uma situação-problema, nunca vivenciada durante a UEPS, portanto, não-familiar e, em seguida fazer uma inter-relação entre informações apresentadas com o conceito de função trabalho. O Quadros VI mostra respostas dos estudantes A1, A2 e A3 para a questão 10.

Podemos evidenciar que o estudante A3 apresentou uma resposta cientificamente correta, enquanto A1 e A2, responderam de forma parcialmente correta. Ambos estudantes A1 e A2 identificaram que a platina (Pt) seria o melhor material para ser utilizado no revestimento do satélite, entretanto, o estudante A1 aparentemente interpretou o alto valor da função trabalho como favorável à ocorrência do efeito fotoelétrico de maneira equivocada, enquanto A3 não justificou, de forma explícita, que a platina visa dificultar a ocorrência do efeito fotoelétrico.

10. [Entender + Aplicar + Analisar / Conceitual] É sabido que a luz solar pode ejetar elétrons da superfície de um satélite em órbita, carregando-o eletricamente. Portanto, os projetistas de satélites procuram minimizar este efeito usando revestimentos especiais. Para realizar tal tarefa, um grupo de engenheiros e cientistas dispõe dos materiais apresentados na tabela abaixo, de acordo com os valores respectivos da função trabalho Φ . Qual metal será utilizado pelos projetistas para revestir a superfície do satélite? Justifique sua resposta.

Função Trabalho de alguns metais									
Metal	Na	Co	Al	Cu	Pb	Zn	Fe	Ag	Pt
Φ (eV)	2,28	3,90	4,08	4,70	4,14	4,31	4,50	4,73	6,35

Respostas:

(A1) O metal utilizado pelos cientistas para revestir a superfície deste satélite será a Platina, pois ela possui a maior função trabalho, ou seja, quanto maior a função trabalho mais elétrons irão ser arrancados dessa superfície metálica provocando a ocorrência do efeito fotoelétrico.

(A2) A superfície revestida de platina pois a função trabalho da platina é a maior entre as outras.

(A3) O metal utilizado será a platina, pois dentre as opções apresentadas, a platina apresenta a maior função trabalho, o que dificulta o acontecimento do efeito fotoelétrico.

Quadro VI. Questão 10 e as respectivas respostas dos estudantes A1, A2 e A3. Fonte: Autores.

Em conjunto, as análises das respostas nas questões 02, 05, 06 e 10 permitiram identificar, de forma gradual, a presença de “fortes” indícios de aprendizagem significativa nos estudantes A2 e A3. Para o estudante A1, ainda não é possível apresentar resultados totalmente conclusivos, ou seja, o novo conceito (função trabalho) ainda não está totalmente claro e bem definido.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, analisamos as possibilidades de convergência entre a TBR com a TAS como referencial metodológico norteador para elaborar avaliações escritas. Em nossa proposta, entendemos que as questões categorizadas nas dimensões do conhecimento CONCEITUAL E PROCEDIMENTAL e nos processos cognitivos ENTENDER, APLICAR e ANALISAR, aparentemente fornecem indícios consistentes de aprendizagem significativa de novos conceitos. Os princípios norteadores sugeridos foram:

- A avaliação escrita, como um todo, deve estar organizada em ordem crescente de complexidade e abstração, refletindo os níveis de Processos Cognitivos da TBR;
- Cada novo conceito deve ser investigado, pelo menos uma vez, nos níveis LEMBRAR, ENTENDER, APLICAR e ANALISAR;
- Deve haver uma preferência por questões envolvendo as categorias CONCEITUAL e PROCEDIMENTAL na dimensão Conhecimento.

Por fim, salientamos que a utilização dessa proposta não deve desestimular o uso de outros instrumentos de coleta de dados, tais como mapas conceituais. Assim como os psicólogos ou médicos utilizam diferentes tipos de testes/exames para concluir um diagnóstico, nós pesquisadores também devemos fazer o mesmo quando investigamos a aprendizagem significativa de novos conceitos.

REFERÊNCIAS

Ausubel, D. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva*. Rio de Janeiro, Brasil: Editora Interamericana.

Costa, J. P. C. e Martins, M. I. (2017). Análise da complexidade de itens do ENADE à luz da Taxonomia de Bloom Revisada: contributos ao ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 34(3), 697-724.

Ferraz, A. P. C. M e Belhot, R. V. (2010). Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gest. Prod [on line]*, 17(2), 421-431. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2010000200015>.

- Krathwohl, D. R. A (2002). Revision of Bloom's taxonomy: an overview. *Theory in Practice*, 41(4), 212-218.
- Marques, T. C. F. *et al.* (2019). Ensino de física moderna e contemporânea na última década: Revisão sistemática de literatura. *Scientia Plena*, 15(7), 1–8.
- Moreira, M. A. (2006). *A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília, Brasil: Editora UnB.
- Nascimento, M. M.; Ostermann, F. e Cavalcanti, C. J. H. (2017). Uma proposta de análise da produção didática desenvolvida em mestrados profissionais em ensino de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 316-340.
- Silva, R. S. e Errobidart, N. C. G. (2015a). Sobre as pesquisas relacionadas ao ensino do efeito fotoelétrico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32(3), 618–639.
- Silva, R. S. e Errobidart, N. C. G (2015b). A Abordagem do Efeito Fotoelétrico no Ensino Médio: Contribuições de uma unidade de ensino potencialmente significativa. (Dissertação de Mestrado). Recuperado de <https://posgraduacao.ufms.br/portal/trabalho-arquivos/download/3217>.
- Soares, M. T. C. e Pinto, N. B. *Metodologia de Resolução de Problemas*. Recuperado de http://www.ufrj.br/emanped/paginas/conteudo_producoes/docs_24/metodologia.pdf.